(11)特許出限公院番号 会議で 跟特殊 ধ 3 (16) 日本国体部(1 b)

(P2002-76482A) 特開2002-76482

平成14年3月15日(2002.3.15) (43)公開日

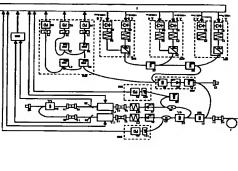
裁別記号
審査請求 未請求 闘求項の数38 OL (全 28 頁)
(\$10000-262080(P2000-262080)
平成12年8月31日(2000.8.31)

-

(54) 【発明の名称】 光均幅器,光均幅方法及び光均幅システム

「課題」彼長多重数が増加して、広帯域な伝送信号帯域 を構成する光増幅器の広帯域化のためのシステム構成に (韓正有)

【解決手段】光増幅利得帯域幅が異なる光増幅器を複数 組合せるとともに、複数の光増幅利得帯域をカバーする ブロック化する。これにより、光増幅器の広帯域化をお ラマン増幅器を構成できるように励起光源を複数用いて **こなうことができる。**



放彼長帯域分離手段と眩郭1の光増幅手段の間と骸波長 故第3の光増幅手段の該複数の励起光は複数の光顔から の光を偏波合成し増幅媒体に供給することを特徴とする 数第3の光増幅手段の敵複数の励起光は複数の光級から の光を波長多重し増幅媒体に供給することを特徴とする 放第3の光増幅手段の散複数の励起光は複数の光週から 故複数の波長の異なる偏波合成された光を波長多重して 核波長帯域分離手段と該第1の光増幅手段の間に利得等 数偏波合成された光の波長を異ならせて複数設け 【請求項6】請求項2記載の光増幅器において、 【請求項7】請求項2記載の光増個器において、 **増幅媒体に供給することを特徴とする光増幅器。** 【請求項8】請求項2記載の光増幅器において、 【請求項8】請求項2記載の光増幅器において、 【請求項5】請求項2記載の光増幅器において **と器を散けたことを特徴とする光増値器。** の光を個波合成し、

待期2002-76482 3

10

数第3の光増幅手段と散波長帯域分離手段との間に利得 帯域分離手段と該第2の光増幅手段の間にそれぞれ利得 【請求項10】請求項2記載の光増幅器において、 等化器を設けたことを特徴とする光増幅器

> 請求項1】波長の異なる複数の励起光により光増幅を 汝第1の光増幅手段の出力を複数の帯域に分割する帯域 政帯域分割手段で分割された帯域に対して利得がある複

〒なう第1の光増幅手段と

(請求項12)請求項2に於いて、故第3の光増幅手段 数第3の光増個手段の利得を可変等化する可変利得等化 **等化器を設けたことを特徴とする光増幅器。** 器を設ける事を特徴とする光増幅器。 【翻水項11】 請水項2に於いて、

の利得を等化する利得等化器を該第1の光増幅手段と第 眩第3の光増幅手段は眩第1及び第2光増幅手段に入力 するパワーを一定に制御することを特徴とする光増幅 2の光増幅手段内に設ける事を特徴とする光増偏器。 【請求項13】請求項2記載の光増循器において 유

> 放第1の波長帯域とは異なる第2の波長帯域の光を増幅 少なくとも眩第1と第2波長帯域の両方の光をラマン増 幅するよう複数の励起光により励起を行なう第3の光増 数第3増幅手段で増幅された光を数第1の彼長帯城手段 と第2の波長帯域手段に分離する波長帯域分離手段を設 放波長帯域分離手段の第1の波長帯域の光を鼓第1の光 2の波長帯域の光を酸第2の光増幅器に入力されるよう

する第2の光増幅手段と

幅手段と

【請求項2】第1の改長帯域の光を増幅する第1の光増 数の第2 光増幅手段を有することを特徴とする光増幅

を変えることにより変化させることを特徴とする光増幅 第3の光増幅手段は利得条件を散複数の励起光のレベル 【静水項14】 請求項2記載の光増幅器において、 2

散第3の光増幅手段の敵複数の励起光頌の温度を変える ことにより越期3の光増幅手段の利得特性を変化させる 【請求項15】 請求項2記載の光増幅器において、 ことを特徴とする光増幅器。

増幅器に入力されるよう接続し、さらに数分離手段の第

数第3の光増幅手段は第1の波長帯域の光を増幅するた めの励起光と、第2の波長帯域の光を増幅するための励

[請求項3]請求項2記載の光増福器において、

接続したことを特徴とする光増幅器。

政第3の光増幅手段の敵複数の励起光源にそれぞれ外部 共振器を設け、該外部共振器の温度可変または応力を与 えてその応力可変を行なうことで、敵第3の光増幅手段 の利得特性を変化させることを特徴とする光増幅器。 【静水項18】 静水項2記載の光増幅器において

数第3の光増幅手段の第1の波長帯域を増幅するための **数複数の励起光圀の波長間隔を制御することで、数第3** の光増幅手段の利得特性を変化させることを特徴とする 【請求項17】請求項2記載の光増幅器において、 光增幅器。

8

る光頌で構成したことを特徴とする光増幅器。

数第3の光増福手段は第1の波長帯域の光を増幅するた めの励起光を複数の異なる光源で構成すると供に、酸第 2の波長帯域の光を増幅するための励起光を複数の異な

起光は異なる光顔とすることを特徴とする光増幅器。

【請求項4】請求項2記載の光増幅器において、

眩励起光により眩光ファイバ内で発生するラマン利得の **数光ファイバ内にラマン利得を発生させる励起光と、** [請求項18]光ファイバと、

彼長特性を補正するための利仰等化器を設けたことを特

【請求項19】請求項18に於いて、数励起光は複数の 波長の光で有る事を特徴とする光増幅器。 散とする光増幅器。 숭

【請求項20】請求項18に於いて、敵利得等化器は敵 光ファイバで生じるラマン利得を波長に対して一定にな 【請求項21】請求項18に於いて、数利得等化器は該 【請求項22】請求項18に於いて、数利得等化器は敵 **ポファイバでラマン利得が生じる前の光を等化する事を** 光ファイバの後段に散けたことを特徴とする光増幅器。 るよう等化する事を特徴とする光増幅器。

光ファイバで増幅された光を等化する事を特徴とする光 【請求項23】請求項18に於いて、該利得等化器は該 特徴とする光増幅器。

S

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.cojp/share/

€

【請求項24】請求項18に於いて、該利得等化器は可 変利得等化器である事を特徴とする光増幅器。 【請求項25】光ファイバと、

放光ファイバ内にラマン利仰を発生させる複数の励起光

数光ファイバに数合成手段からの励起光を入力するため 放複数の励起光源を合成する第1合成手段と、

数第1合成手段と越第2合成手段との間に散光ファイバ から出力された光が数励起光源側に行くことを阻止する 光素子を設けたことを特徴とする光増幅器。 の第2合成手段と、

数光素子は励起によりラマン利得が発生する帯域の彼長 を取り出す波長分離素子であることを特徴とする光増幅 **数光素子は光アイソレータであることを特徴とする。** 【請求項26】請求項25の該光増幅器に於いて、 【請求項27】請求項25の該光増幅器に於いて、

[請求項28] 励起光により入力光をラマン増値する第

と異なる波長帯域に利得を有する第3光増幅器を第1光増 **放第1光増幅器の出力光を増幅する第2光増幅器を有し、** 増幅する光の波長帯域が増加した場合に該第2光増幅器 福器の後段に第2光増幅器と並列に設け

数第1の光増幅器の励起光を迫加して該第3光増幅器の利 【請求項29】複数の励起光によりラマン増幅を行なう 得波長帯域増幅することを特徴とする光増幅方法。 第1の光増幅手段と、

該第1の光増幅手段の出力を増幅する第2光増幅手段

力するパワーを一定に制御することを特徴とする光増幅 を設け、数第1の光増偏手段は該第2の光増幅手段に入

数第2光増幅手段は第1の波長帯域を増幅する第1の増幅 **-を一定にすると供に、数第2の光増幅部に入力するバ** 放第1の光増幅手段は第1の増幅手段に入力される光パワ 部と第2の波長帯域を増幅する第2の増幅部を設け、・ 【請求項30】請求項29に於いて、

【請求項31】伝送路を兼ねるまたは伝送路に接続され と光増幅媒体と, 該光増幅媒体内で光をラマン増幅する ための複数の励起光源と、

ワーを一定となるよう利得を制御することを特徴とする

核伝送路の条件に対応して数光増循媒体の利得波長特性 を制御する手段を設けたことを特徴とする光増幅器。 【請求項32】請求項31に於いて、

敗複数の励起光頌出力を該光增幅媒体に結合するための

数外部共振器の温度または応力を可変し、該光増媒体の 該複数の励起光頌の温度を変えることにより酸光増幅媒 体の利得特性を変化させることを特徴とする光増幅器 **利得特性を変化させることを特徴とする光増幅器。 該複数の励起光源にそれぞれ外部共振器を設け、** 請求項33]請求項31に於いて、 [請求項34] 請求項31に於いて、

特定の波長帯域にラマン増幅利得特性が重なるように酸 複数の励起光源の波長間設定し、該励起光源間の波長間 隔を制御することで、該光増幅媒体の利得特性を変化さ [請求項35]請求項31に於いて、 2

マン増幅を行なうために設けた励起光源と、敵各励起光 **数伝送路の少なくとも2つの数伝送区間には各区間でラ** 頭は該各伝送区間ごとに異なる波長にすることを特徴と 【静水項36】複数の伝送区間に分割される伝送路と、 せることを特徴とする光増幅器。

該各伝送区間内に設けられた該励起光源は複数の励起光 頃からなることを特徴とする光増幅システム。 [請求項37] 請求項36において、 する光増幅システム。

2

各スパン間に希土類元素ドーブファイバからなる光増幅 器を設けた特徴とする光増幅システム。 [請求項38]請求項36において、

【発明の詳細な説明】

一本の光ファイバを伝送する光波長多重 (WDM) 方式 【発明の属する技術分野】異なる波長の光信号を束ねて は、通信システムの一層の大容量化・経済化、および、 柔軟な光ネットワークを実現する有力な手段である。

ネットサービスを支えるバックボーンネットワークの基 【0002】特に近年の増幅器の進展により、インター 幹技術として急速に実用化が進んでいる。

椎技術を用いて、中雄段において信号光の増幅しながら 長距離伝送を可能としている。光増幅手段としては、希 土類ドーブ光ファイバ増幅器(EDFA)やラマン増幅器等が 【0003】MIXK活通信システムでは、主に、光増幅中

【0004】本発明は各種光通信システムで信号光の増 幅に使うことが出来るラマン増幅器であり、特に改長分 割多重光の増幅に適するものである。

に起因する光SNR(信号対雑音比)の劣化により制限 また下限は光増幅器から発生する自然放出光等の光維音 伝送光パワー の上限は伝送路の非線形光学効果に **担因する光波形の劣化やクロストークにより制限され、** 【従来の技術】光増幅器を適用したWDMシステムで [0000]

【0006】数十波から数百波を多重化する高密度WD **椒和するために、伝送路の損失を補償するために、数十** Mシステムでは、非線型光学効果、及び光SNR制限を

S

数複数の励起光パワーのレベルを変えることにより変化

させることを特徴とする光増編器。

技術が有望視されている(1999年電子情報通信学会通信 ァイバアンブ (EDFA) と併用してラマン増幅器を用いる ソサイエティ大会, 大平他B-10-51 や川上他B-10-54 や k m程度の間隔で設置する商出力のエルビウムドープフ 作田他B-10-99)。

[0000]

[発明が解決しようとする課題] 上記の公知技術はラマ か、伝送を行なう信号光の多重数を増加する場合につい ン増幅器とEDFAの組み合わせることの記載がある

[0008] 本発明は波長多重数が増加して、広帯域な 伝送信号帯域を構成する光増幅器に関する発明である。 て検討されていない。

【瓔題を解決するための手段】・第1の手段はEDFA の広帯域化のための手段である。 [0000]

り光増幅を行なう第1の光増幅手段と、該第1の光増幅 2 光増幅手段を有する。・ 第2 の手段はEDFAの広帯 [0010]光増幅器は波長の異なる複数の励起光によ 手段の出力を複数の帯域に分割する帯域手段と、該帯域 分割手段で分割された帯域に対して利得がある複数の第 域化のための手段である。

力されるよう接続し、さらに較分離手段の第2波長帯域 数第1と第2波長帯域の両方の光をラマン増幅するよう 数第3増幅手段で増幅された光を敵第1の波長帯域手段 第3の手段は複数の励起光によるラマン増幅の利得波 【0011】光増幅器は第1波長帯域の光を増幅する第 1の光増幅手段と、酸第1波長帯域とは異なる第2の波 **長帯域の光を増幅する第2の光増幅手段と、少なくとも** 致分離手段の第1波長帯域の光を被第1の光増幅器に入 複数の励起光により励起を行なう第3の光増幅手段と、 と第2の波長帯域手段に分離する波長分離手段を散け の光を該第2の光増幅器に入力されるよう接続する。 長特性を制御するため手段である。

にラマン利得を発生させる励起光と、該励起光により該 [0012] 光増幅器は光ファイバと、散光ファイバ内 光ファイバ内で発生するラマン利得の波長特性を補正す

・第4の手段はラマン増幅媒体より光励起光顔への戻り るための利得等化器を設ける。

光防止するため手段である。

【0013】光増偏器は光ファイバと、散光ファイバ内 **にラマン利得を発生させる複数の励起光源と、該複数の** イバから出力された光が該励起光源側に行くことを阻止 励起光源を合成する第1合成手段と、散光ファイバに散 と、披第1合成手段と該第2合成手段との間に該光ファ 合成手段からの励起光を入力するための第2合成手段

[0014] 光増幅器は励起光により入力光をラマン増 ・第5の手段は光増幅を行なえる彼長帯域が決まってい る光増幅器の増設を容易にするため手段である。

列に設け、該第1の光増幅器の励起光を追加して該第3光 ・第6の手段は光増幅を行なえる液長帯域が決まってい る第2光増幅器を有し、増幅する光の彼長帯域が増加し 5第3光増幅器を第1光増幅器の後段に第2光増幅器と並 と場合に該第2光増幅器と異なる波長帯域に利得を有す 曹幅器の利得波長帯域増幅するようにする。

[0015]光増幅器は複数の励起光によりラマン増幅 を行なう第1の光増幅手段と、 眩第1の光増幅手段の出 手段は披第2の光増幅手段に入力するパワーを一定に制 力を増幅する第2光増幅手段とを設け、敵第1の光増幅 유

る光増幅器のダイナミックレンジの調整のため手段であ

・第7の手段は伝送路に対応して利得ブロファイルを制 **御するラマン増幅器の手段である。**

力を該光増幅媒体に結合するための手段とを設け、敢伝 [0016] 光増幅器は伝送路を兼ねるまたは伝送路に 増幅するための複数の励起光頌と、該複数の励起光頌出 送路の条件に対応して該光増幅媒体の利得波長特性を制 接続された光増幅媒体と,該光増幅媒体内で光をラマン 面する手段を設ける.

[0017]

2

【実施の形態】図1に本発明の第1の実施形態を示す。 [0018] 第1の実施形態は最も実用的な構成であ

3,84,85,86は光源、91,92,93,94,95は受光素子、101,10 ザ、601,602,603は励起光環ユニット、121,122はゲイン イコライザ、400は光素子ブロック、111,112は光増幅ユ 17,18,19,14018,10な光コネクタ、21,22,23,24,25,26,2 53,54,55,56はファイバグレーティングフィルタ、61,6 5. 図中、1は伝送路、2は制御部、11,12,13,14,15,16, ピームスブリッタ、41,42,43は光アインレータ、51,52, 2,63は偏光合成カブラ、71,72,73は光減衰器、81,82,8 2はパンドパスフィルタ、81,82,83,84,85,86は励起レー 7,28,29,2A,28は波長合分波カブラ、31,32,33,34,35は ニット、2004t波長特性モニタ部、300tよパワーモニタ

8

[00]9]伝送路1は光コネクタ10により光コネクコ1 1を介して波長合分波カブラ21に接続される。 部、900はモニタブロックをそれぞれ示す。

[0020] 伝送路1は通常の1.3μmゼロ分散ファイバ や分散値が大きい分散補償ファイバDCFやゼロ分散値を からした分数シフトファイバDSFやノンゼロ分数シフト ファイバNZ-DSFを適用することができる。 9

め、非線型効果が大きく出るため、ラマン増幅媒体に用 【0021】DCF,NZ-DSF,NZ-DSFは実行断面積が狭いた いると集中型の増幅器として構成することも可能であ

多重光(複数の信号光を多重した光)を透過し、励起光を 【0022】被長合分波カブラ21は伝送路1からの波長 伝送路114人力する機能を有している。

[0023] 伝送路1では励起光が入力されることで、

路

幅する第1光増幅器と、該第1光増幅器の出力光を増幅す

, ;

[0037] 励起光頌ユニット601,602,603は光頌81,8

特盟2002-76482

9

2,83,84,85,86としてレーザダイオードを用いることを ラマン増幅効果が発生して波長多瓜光の光増幅を行なえ [0024] 励起光は複数の励起光源ユニット601,602

長台分徴カブラ24人力する。

ន

るようファイバグレーティングフィルタ51により1429.7 mの光を帰還し外部共振を行ない、偏光合成カブラ61に

[0028] 光頌81は1429.7mの光を中心として発光す

[0025] 励起光頌ユニット601は2つの光頌81,82と ファイバグレーティングフィルタ51,52と偏光合成カブ

603から構成される。

[0041]光紫子ブロック400はピームスブリッタ31 光教子ブロック400亿入力される。

と光アイソレータ43と波長合分波カブラ23で構成され

【0042】 ピームスプリッタ ユルは励起光頌ユニット60 1,602,603の改長多重光の一部を分岐しモニタブロック9 20

るようファイバグレーティングフィルタ53により1454.0

【0030】光顔83は1454.0mの光を中心として発光す mの光を帰還し外部共振を行ない、偏光合成カブラ62亿

蛍光のモニタを行なう為に波長多蛍光成分を反射して励 分徴カプラ21により反射されたクロストーク分の波長多 起光成分を透過し、波長多重光は光コネクタ12より出力 [0044] 被長台分徴カブラ23は伝送路1から彼長台

るようファイバグレーティングフィルタ54により1458.0

[0031]光湖84は1458.0nmの光を中心として発光す

mの光を帰還し外部共振を行ない、個光合成カブラ62亿

グフィルタ53と54を通過した光の偏光がそれぞれ直交す

るように、個光合成して被及合分被カブラ25に出力す

【0032】個光合成カプラ62はファイバグレーティン

光索子は伝送路1からの光を励起光微ユニットに入力す ることを防止する効果がある。 成されている。

で分核された励起光の出力のうち励起光源ユット601の 彼長に対応する光を反射し、他の光は透過する。

[0048] 波長合分波カブラ26で反射した励起光源ユ してフィルタリングされ光域衰器73で所定量減衰させた ット601に対応する光さらには波長合分波カブラ27を介 後に受光素子93で受光される。

6

るようファイバグレーティングフィルタ55により1484.5 mの光を帰還し外部共振を行ない、偏光合成カブラ63K

【0034】光頌85は1484.5mmの光を中心として発光す

ファイバグレーティングフィルタ55,56と偏光合成カブ

う63を有している。

[0033] 励起光頌ユニット603は2つの光頌85,86と

るようファイバグレーティングフィルタ56により1488.5

mの光を帰還し外部共極を行ない、偏光合成カブラ63/C

[0036] 偏光合成カプラ63はファイバグレーティン

グフィルタ55と56を通過した光の偏光がそれぞれ直交す

るように、個光合成して被長合分徴カブラ25に出力す

[0035]光御86は1488.5mの光を中心として発光す

[0050]被長台分波カプラ26を透過した光は波長台 分波カブラ28に入力され励起光源ユニット602の波長に **ィットの601の出力パワーを慰留時2か艶留する。**

50 ット602に対応する光さらには彼長合分彼カブラ29を介

前挺として説明したが、伝送路17日的とする利得波長 特性が得られれば、図の構成に限定されるものではが、

[0038] 波長合分波カブラ25は励起光源ユニット60 からの光を遠過して、励起光顔ユニット602からの光を 反射し励起光调ユニット603と602の光を彼長多狙して彼

[0039] 波長合分波カプラ24は波長合分波カプラ25 で彼長多重された光彼長を通過し、励起光頌ユニット60 ト601からの光と彼長台分彼カブラ25からの光の彼長多 1からの波長の光を反射しすることで、励起光源ユニッ

[0040]被長合分徴カブラ24で被長多重された光は

るようファイバグレーティングフィルタ52により1433.7

[0027]光嶽82は1433.7mの光を中心として発光す mの光を帰還し外部共振を行ない、偏光合成カブラ61に

275.

[0028] 偏光合成カブラ61はファイバグレーティン

グフィルタ51と52を通過した光の偏光がそれぞれ直交す

るように、個光合成して彼長合分徴カブラ24に出力す

[0029] 励起光顔ユニット602は2つの光微83,84と

ファイバグレーティングフィルタ53,54と偏光合成カブ

ラ62を有している。

分の光の励起光の戻り光)を励起光旗ユニット601,602,6 [0043] 光アイソレータ43は伝送路1から被長合分 波カブラ21により反射された光(国号光のクロストーク 00亿人力する。

03に入力しないように阻止する.

[0045] 被長合分彼カブラ23と光アイソレータ43の

27,28,29七光减衰器71,72,73七受光索子91,92,93から構 [0046] 励起光モニタ部900は放長合分波カブラ26,

[0047]被長合分波カブラ26はビームスブリッタ31

[0049] この受光素子330出力をもとに励起光頌ユ 対応する光を反射し、残りを透過する。

[0051] 波長合分波カブラ28で反射した励起光源ユ

ノてフィルタリングされ光減衰器れて所定量減衰させた 変に受光素子92で受光される。 [0052] この受光素子92の出力をもとに励起光源ユ ニットの602の出力パワーを制御部2で制御する。彼長台 長に対応する光であり、この光は光域設器れで所定量域 分波カブラ28を透過した光は励起光頭ユニット601の波 **食させた後に安光珠子虫で安光される。** [0053] この受光素子乳の出力をもとに励起光頌コ 【0054】さらに、鮭御部2はモニタブロック900で得 た励起光パワーの情報を光増幅ユニット111,112に通知 し、光増幅ユニット111,112で監視制御情報と合わせて ニットの603の出力パワーを慰御部2で慰御する。 利得制御を行なえるようにする。

12 አታታ 8.

【0055】被長台分波カブラ21を透過した波長多重光 は第1の波長帯域(例えば1530乃至1560m)の光を遊過し て、第2の波長帯域(例えば15707)至1600m)の光は反射 する彼民合分彼カブラ22に入力される。

2.人力する。

ト111の増幅利得帯域に対応し、第2の波長帯域は後段の [0057] 被長合分波カブラ22で分離された第1の波 [0058] この第1の波長帯域は後段の光増幅ユニッ パスフィルタ101で被長合分波カブラ22で分けたパンド 光増幅ユニット111の増幅利得帯域に対応している。

取帯域の光はアームスブリッタ33で一部分離されバンド の信号光がある彼長帯域を選択し、その選択したパワー [0058] 被長合分彼カブラ22で分離された第2の彼 を受光素子95で検出する。

長帯域の光はピームスプリッタ32で一部分離し、彼長合 ンドの信号光がある彼長帯域を選択し、その選択したパ 分波カブラzbにより第2の波長帯域を透過した後に、バ ンドバスフィルタ102で彼長合分波カブラ22で分けたパ ワーを受光整子947後出する。

【0059】ビームスブリッタ33の出力は光アイソレー タ41に入射される。

【0060】光アイソレータ41は後段に設けられた光増 幅ユニット111からの光が伝送路1に戻ることを防止す

【0062】光アイソレータ42は後段に設けられた光増 [0061] ピームスブリッタ32の出力は光アインレー タ42に入射される。

(0063) 光アインレータ41の田力はゲインイコライ 幅ユニット112からの光が伝送路1に戻ることを防止す

ザ121に入力される。

8

ニットからの励起光により伝送路17生じる第1の波長帯 域のラマン増幅利得の波長特性歪みを所定の特定のチル トを有する直線的な特性、または波長依存すること無く [0064] ゲインイコライザ121は複数の励起光頌ユ 一定の値になるよう利得等化を行なう。

9

梅昭2002-76482

域のラマン増幅利得の波長特性歪みを所定の特定のチル ニットからの励起光により伝送路175生じる第2の波長帯 トを有する直線的な特性、または被長依存すること無く [0066] ゲインイコライザ122は複数の励起光頌ユ 一定の値になるよう利得等化を行なう。 【0067】ゲインイコライザ121の出力は光コネクタ1 [0068] 光増幅ユニット111は第1の波長帯域の光を 増幅し、光コネクタ17,19を介して波長合分波カブラ2A 3,15を介して光増幅ユニット1111に入力される。

[0069] ゲインイコライザ122の出力は光コネクタ1 [0070]光増幅ユニット112は第2の改長帯域の光を **物幅し、光コネクタ18,1Aを介して波長合分波カブラ2A** 1,16を介して光増幅ユニット112に入力される。 ព

ることで、光増幅ユニット1111と光増幅ユニット112から 【0071】被長合分波カブラ2Aは光増幅ユニット111 からの光を反射し光増幅ユニット112からの光を遊過す の光を波長多重して光コネクタ18より出力する。

[0072] 光増幅ユニット111と光増幅ユニット112か らの光はピームスブリッタ34,35で分岐され波長特性モ - \$200KAJtha.

2

で受光して、その枯果を制御部2に通知する。制御部2は [0073] 波段特性モニタ200は各バンドの中の波段 特性が判るようパンド内を所定の帯域に分けて受光教子 励起光モニタ部900と受光繋子94,95からなる入力モニタ 明300の情報を基にラマン増個媒体での出力パワー定制 **御及び波長特性のせいぎょをおこなう。**

報によりラマン利得ブロファイルを制御し、利得被長特 【0074】さらに、飼御部2は波長特性モニ部2000情 性を慰御する。

[0075] これらの制御は単独または組み合わせて励 担光御ユニット601,602,603の励起光出力レベル及び被 長を制御する。

長帯域をそれぞれ増幅する光増幅器で構成した説明を行 [0078] 図1は光増個ユニットを2つ設け、2つの波 なったが、彼民合分波カブラ22が2つ以上の帯域に分割 する構成で有っても手も良い。

波カブラ22と2A間の構成をそれぞれ分離した波長帯域数 【0077】即ち、2つ以上に分岐した場合は波長合分

[0078]図1の光増幅ユニト111,112はそれぞれ光増 幅できる液長帯域は異なるが、システム構成は図2のよ に合わせた数で構成すればよい。 5共通に構成できる。

力制御回路、111-24は制御回路、111-6は可変減衰器、1 414(EDF), 111-8, 111-9, 111-10,111-11, 111-12, 11 11-74分散桶價器、111-15,111-17,111-18,111-20,111-**ブラ、111-3,111-4は自動利得制御回路、111-5は自動出** 【0079】図中111-1, 111-2はエルビウムドーブファ 1-23はピームスプリッタ、111-13,111-14は彼長多重カ

ន

(0085) 光アインフータ42の出力はゲインイコライ

ずユスに入力される。

[0081] ピームスプリッタ111-23により分枝された 【0080】光コネクタ15又は16より入力した波長多重 光はピームスブリッタ111-23/2より分岐される。

21,111-22は受光素子、111-16,111-19は励起光頌、15,1

6,17,18は光コネクタをそれぞれ示す。

光は受光素子111-22にて監視制御信号光0scを検出して 制御回路111-24亿検出結果を出力する。

[0082] ビームスブリッタ111-230一方の出力はエ ルピウムドーブファイバアンプリファイヤ1(EDFA1)に入 [0083] EDFAIの入力をピームスブリッタ111-8で分

[0084] ビームスブリッタ111-8で分岐した光は受 光素子111-15に入力される。 [0085] 受光素子111-134入力され光は電気信号に 変換され入力モニタ等として自動利得制御回路111-3に 出力される。

光を彼長多重する波長多重カプラ111-13を介してエルビ 【0086】 ピームスブリッタ111-80一方の光は随起 ウムドーブファイバ1111-11に入力する。

[0087] エルビウムドーブファイバ111-1の出力は ヒームスブリッタ111-9で分岐され受光紫子111-17に入 [0088] 受光素子111-17t自動利得制御回路111-3 に出力モニタ値を出力する。

た所定の利得情報を受けて励起光頌111-16のレベルを制 の入力モニタ値と受光素子111-17の出力モニタ値と制御 【0089】自動利得制御回路111-3は受光索子111-15 回路111-24より監視制御信号光osckこより定めためられ

[0090] EDFA1の出力は可変減衰器111-6と分散補償 臨111-7を介してエルピウムドーブファイバアンブリフ 7 4 ヤ2(EDFA2)に入力される。 [0091] EDFA2ではピームスプリッタ111-10でEDFA2

に入力した光を分岐する。

【0092】ビームスブリッタ111-10で分岐した光は受 光紫子111-15に入力さる。

[0093] 受光素子111-15に入力した光は電気信号変 換され入力モニタ値として自動利得制御回路111-4に入

【0094】ピームスブリッタ111-100一方の光は励起 光を波長多重する波長多重カプラ111-14を介してエルビ

ピームスブリッタ111-11で分岐され受光素子111-20に入 [0095] エルビウムドープファイバ111-2の出力は ウムドーブファイバ111-2亿人力する。

[0098] 受光素子111-20は自動利得制御回路111-4 に出力モニタ値を出力する。

ន の入力モニタ値と受光紫子111-20の出力モニタ値と制御 [0097] 自動利得制御回路111-4は受光紫子111-18

た所定の利得情報を受けて励起光頌111-19のレベルを制 回路111-24より監視制御信号光OSCICより定めためられ

対して前方励起を行なっているが、後方励起又は双方向 (0098) 図2のEDFAI及びEDFA2はEDF111-1,111-2亿 励起を適用することも可能である。

[0099] 図3は図1の実施構成における伝送路1での [0100]図3(3)は励起光頌ユニット601, 602, 603 利得波長特性と各増幅ユニット利得波長特性を示す。

[0101] Aは励起光頌ユニット601により生じるラマ ン利得ブロファイルを示し、8は励起光源ユニット602に

の励起光により伝送路170生じるラマン利得波長特性を

示し、Fは励起光復ユニット601,602,603の利得特性を合 より生じるラマン利得ブロファイルを示し、はは励起光 源ユニット603により生じるラマン利得プロファイルを わせた場合の伝送路1での利得特性を示している。

[0102] 励起光の各波長は励起光頌ユニット内の複 数の励起光源の波長の光を合成した場合の光パワーのピ ーク値を示している。

【0103】各光源ユニットにより生じる利得プロファ イルを重ねることで、特性Fのように、広い帯域でほぼ 均一なラマン利得を得ることができる。

【0104】図3(b)は光増幅ユニット111,112で生じる 利得波長特性を示す。

(0105) は光増幅ユニット1117生じる利得波長特 生を示し、ほば光増幅ユニット112で生じる利得波長特性 を示す。

ット112の利得帯域をカバーするように励起光パワーは [0106]励起光頌ユニット601,602により光増幅ユ ニット111の利得帯域をカバーするように励起光パワー を制御し、励起光源ユニット602,603により光増幅ユニ 型卸されている。

[0107] 図4は第2の実施例である。

[0108]図46於いて図1と同一部材は同一番号で示 し、その説明を省略する。

(0109)図4は図1の実施例の変形例で励起光源プロ ン利得帯域が各光増幅の個別の光増幅ユニットの増幅利 ックを2つにして、各励起光弧ユニットがもたらすラマ 得帯域に対応するように構成している。

長を1440mKCし、励起光源ユニット603を第2の励起光源 ユニットとし、光版85の波長を1465nm, 光頌82の波長を 1488nmにすることで光増幅ユニット111と112の増幅利得 光顔ユニットとし、光顔81の波長を1425rm, 光顔82の波 帯域をそれぞれの励起光頭ユニットで利得を得るように 【0110】図4では励起光頌ユニット601を第1の励起 している。

【0111】具体的なラマン利得波長の関係は図5亿示

[0112] 励起光頌80光は入1に対応してわり、励

335対応しており、励起光頌86の光は242対応してい **母光顔82の光は A 2亿対応してもり、励起光顔85の光は**

【0113】 ス 1によりラマン増幅利得ブロファイル1が ス 3によりラマン増幅利得プロファイル3が生じ、 ス 4に 生じ、ス2によりラマン増幅利得ブロファイル2が生じ、 よりラマン増幅利得ブロファイル4が生じる。

と破線のAのような合成利得ブロファイルを得ることが [0114]ラマン増幅プロファイル1,2は合成される

【0115】また、ラマン増幅プロファイル3,4は合成 されると破壊Bのような合成利得プロファイルを得るこ

とができる。

ットの利得波長に対応したラマン増幅利得を得ることが 【0116】これにより伝送路1で複数の光増幅器ユニ

み合わせることにより、広帯域なラマン増幅器を実現す 【0117】即ち、図4では複数異なる彼長の光頌を組

励起光について、単一波長の励起光が、同時に複数の光 増幅ユニットが持つ光増幅波長帯域をラマン増幅しない [0118] 図4の構成はラマン増幅の複数液長による 様な励起波長で構成している。

2

[0119] 図4のように構成することで以下のことが

【0120】個々の励起光週ユニットのラマン増幅利得 帯域と個々の光増幅ユニットの増幅利得帯域を合わせる **ことで、信号光の利用帯域の拡大縮小に応じて、光増幅** ユニットの増設または撤去することができる。

[0121] ラマン増幅を行なう帯域の拡大縮小は光増 幅ユニットに合わせて、励起光頭ユニットも増設または [0122] これにより、システムの初期導入時のコス 做去行なうことができる。

[0123]また、一方の光増幅ユニットの光増幅波長 **帯の励起光源ユニットが故障しても、他の光増幅ユニッ** トの運用に影響を与えることなく故障した励起光源ユニ トを低く抑え、必要に応じて増設をすることができる。 ットを交換できる特徴がある。

[0124]図4の構成を用いた帯域拡大の具体例を以

【0128】ユーザの要求により使用する信号光波長数 が増加し増幅帯域の拡大が要求された時、光増幅ユニッ 【0125】運用当初は励起光源ユニット601と光増幅 ユニット111を用いシステムを運用する。

示せず)により増散すし、励起光源ユニット603を助作さ ト112を波長合分波カブラ22,2A間に設けたコネクタ(図

ト111と112に独立に対応しているため光増幅ユニット11 [0127] 励起光頌ユニット601,603は光増幅ユニッ がインサービスの状態でも指域技大することができ

図20,図22,図24のシステム構成の励起光を発生するラマ [0128]図6乃至図%は励起光を発生するためのラマ ン増幅用励起光源の一例を示し、図1,図4及び図10乃至

び偏光依存を無くすため、2つ間じ波長の励起LD を使 [0129] 図60構成は一つの励起光波長のパワー及 ン増幅用励起光頌の部分に置き換えることができる。

[0130] ポラリゼーションピームスブリッタ(PBS)1 は入1の波長光出力する2つの励起光弧81の出力を偏光面 [0131] 2つのファイバグレーティンクフィルタ51 は2つの励起光顔81に対して同じ被長の光をLDからなる 励起光頌81に戻し、LDO後方端面間で外部共振してい を直交させて合放する。 9

[0132] ポラリゼーションピームスブリッタ(PBS)2 は入2の彼長光出力する2つの励起光源82の出力の偏光面 [0133] 2つのファイバグレーティンクフィルタ52 を直交させて合彼する。

は入3の波長光出力する2つの励起光源85の出力の偏光面 [0134] ポラリゼーションピームスブリッタ(PBS)3 は2つの励起光源82に対して同じ波長の光を12からなる 励起光頌82に戻し、LDの後方端面間で外部共振してい

[0135] 2つのファイバグレーティンクフィルタ55 を直交させて合波する。

は2つの励起光源85亿対して同じ波長の光をにからなる 励起光頌85に戻し、LDの後方端面間で外部共振してい は入4の波長光出力する2つの励起光源86の出力の偏光面 を直交させて合波する。

【0136】 ポラリゼーションピームスブリッタ (PBS)4

30

[0137] 2つのファイバグレーティンクフィルタ56 は2つの励起光度86亿対して同じ波長の光をLDからなる 励起光頌86に戻し、LDの後方端面間で外部共振してい [0138] ここでファイバグレーティンクフィルタを (胚動電流や環境温度など)によって、発振波長や励起ス ベクトルが変化するので、これに伴ってラマン利得スペ 用いて外部共振させるのは、半導体レーザは駆動状態

[0139] これを防ぐために、半導体レーザの出力側 に外部共振器(例.ファイバグレイティング)を付けて発 クトルも変化したつまか。

[0140]例えば、ラマン増幅の利得の大きさを調整 版波長およびスペクトルを固定する。

する際に、半導体レーザの駆動電流を変化させた場合の 中心被長の変動は最大15m程度にもなり、このためラマ ン増幅の利得の波長特性も大きく変わってしまう。そこ で波長固定するための外部共協器が必要になる。

[0141] PBS1とPBSDの改長の光を合波器がより合 ន

ន

長多重する点が相違する。 他の構成及び制御は図6と同

して彼長多重することができるMCNカブラ8Aを用いて彼

ව

存開2002-76482

皮することで波長多重する。

[0142] PBS3とPBS4の波長の光を合波器67より合 枚することで液長多重する。

を彼長多重することで、彼長多重された励起光を伝送路 [0143] 波長合分波カブラ24は各合波器5,6の出力

[0144] 励起光頌ユニット601の励起光は図1の光増 ット603の励起光は図1の光増幅ユニット112の帯域に利 幅ユニット111の帯域に利得をもたらし、励起光源ユニ

[0145] 制御部2は図1の場合と同様に波長特性モニ 国別または組み合わせて励起光の出力,被長, 重心被長 タ部200,励起光モニタ部900,入力モニタ部300の情報を

[0146] 図れは図6の固起光海ユニットの変形例であ

励起光に生じるラマン利仰ブロファイルの波長特性を均 ン利得の低なりを増加させ、一つの励起光쟁ユニットの 【0147】図7では各PBSで合波する偏光の光波長は値 かに異なるようにすることで、励起光により生じるラマ

にし、ラマン増幅の利得ブロファイルがほぼ重なる様に [0148] 各PBSで合波される光波長間隔は6m以下

抜存性を解消すると同時にファイバに入射される励起光 【0149】これにより、ラマン増幅による利得の偏波 ぃ や を増大させることになる。

励起光が直像偏光であり、且つ、増幅用ファイバが偏波 保持ファイバでない場合に、信号光と励起光の相対偏光 [0150] その理由はラマン増幅において利得が得ら の変動により利得変動するが、直線偏光の励起光湖を偏 光面が直交するように合成することで、変動を回避でき **れるのは、励起光の偏光と一致す成分のみであるため、**

【0152】この徳田内で波展国路を広げれば(6mを用 は、各励起光璇の利得ブロファイルをほぼ堕ならせて、 いれば)、偏光波依存性の解消と同時に、ラマン増結滞 【0151】励起光波長間隔を 6 m以下にする利点 偏光依存性を解消させる彼長間隔であるためである。 域を少しても広げ利得被長平坦性にも有利になる.

【0153】次に、各PBSの出力光を合波器6により被長 [0]54]この場合に合波器の特性を考慮してより合

[0157] 図8に於いて図7との相違点は励起光激ユニ ット601,602の各PBS1,2,3,4からの光を複数の光を一括 效効率を良くするために、彼長間隔は6 m以上とする。 [0156] 図8は励起光源ユニットの実施例を示す [0155]他の構成及び制御は図6と同じである。

[0159] 図972於いて図7との相違点は励起光微ユニ ット601,602内でPBSを用いずに複数の光を一括して被長 多重することができるWLNカブラ7A,7Bを用いて波長多重 する点が相違する。 他の構成及び制御は図6と同じで [0158]図9は随起光微ユニットの実施例を示す。

[0160] 図10乃至図16は第30実施例を説明する図

[0161] 第3の実施例は第2の実施例の様な複数の励 起光頌によりラマン増幅を行なう場合に生じる利得の査 みを補正するための実施例であり、図1のゲインイコラ イザ121,122の原理及び変形例の説明である。

[0182]図10を用いて励起光を複数の波長の光を用 いて、ラマン増幅利得プロファイルを複数重ねて、広帯 域なラマン増幅を行う場合に生じる波長に対する利得登 みを防止するための原理を示す。

【0183】 伝送路1のラマン増幅媒体となる部分に(a) のような特性の光を入力する。 [0184] (a)では伝送路1でのラマン散乱の影響によ り長波長側の光が描い割合になっている。 20

により偏光を直交して合成し、波長合分波カブラ24で波 長多重して励起光を伝送路1に供給して(b)のようなラマ [0185]光頌81,82,85,86は個光合成カブラ61,63 ン利得プロファイルを伝送路1内で発生し、波長合分波 カブラ2出力する。 [0166] —しの回起光により生じるシャン葡萄利等 頑より出力される光の彼長の違いによりその利得ピーク プロファイルは1つの利得ピークを有しており、励起光 被長が異なる。

ァイルを複数重ねることで、トータルのラマン利得ブロ 【0167】このピーク徴扱の異なるシャン利得ブロフ ファイルは彼長に対して凸凹な利得特性が発生する。

[0168] 本図では放長の異なる光湖を4つ用いてい るため4つの利得ピークを有している。

[0169] 被長合分徴カプラ21出力された光は光フイ ルタ123に入力される。

[0170]光フィルタから構成されるゲインイコライ [0171] 挿入損失特性は伝送路1で生じるラマン利 ザ123は(c)の挿入損失特性を有している。

得ブロファイルの凹凸な特性を打ち消して光波長に対し [0172] 従って、ゲインイコライザ123を通過する **事で、彼長に対して伝送路1で生じるラマン散乱特性**お て直板的な特性を得るための特性を有している。

なる様な特性を示しているが直線的で所定の傾斜が発生 よび複数の励起光により生じる利得の凹凸を波長に対し [0173] (d)では被長に対して直線的で同じ利得に て直接的な(のの様な特性を得る事ができる。 するようフィルタを構成してもよい。 [0188] ゲインイコライザ及びモニタが各光増幅ブ [0174] この場合はゲインイコライザ123の特性を

ロックの帯域に対応して、被長合分波カブラユ,2Aの間 9 **銀択しても良いしパワーモニタ部300と波長特性モニタ**

存期2002-76482

異なり、各励起光頌ユニットはそれぞれ各光増幅ユニッ (0189) 図12と図1との相違点は励起個光頌の数が トの利仰波長指域に対応して散けている点である。

> に光を分岐するためのピームスプリッタの位置は彼長合 分波カブラ21以降の位置であれば波長合分波カブラ22の

[0175]パワーモニタ部300と波長特性モニタ部200

部200/2より検出した値を基に励起光の出力パワーや波

取を慰御しても良い。

[0190] その他の構成は図1と同じのための説明を

【0191】図13はゲインイコライザの位置を光増幅ユ ニット内に設けた場合の例を示す。

フィルタや豚電体多層膜フィルタやファブリベローエタ

ロンフィルタ等を用いることができる。

[0]78]利得等化器123はファイバグレーテイング

前段でも、波長合分波カブラ21と24の間でも良い。

[0177]各フィルタは単一又は複数個組み合わせて

用いることができる。

(0192)図130中で、図1,図2,図4と同一番号は同

でもよいし、光増福利沿帯域が広ければ本図の構成その 【0193】図中光増幅ユニットは図1,図4の111,112の ように複数の利得帯域に分割した場合の光増幅ユニット 一部材を示し、個々の説明は省略する。

[0178]図11は図10の構成により説明した原理を伝

送路1によるラマン増幅器と1530mJ)至1560mのEDFA1と 1570mm7)至1600nmのEDFA21とを組み合わせた構成に用い

めの単一の光増幅ユニット113でも良い。

でのラマン増幅の利得等化を行ならためのゲインイコラ 構成のようなEDFを2段にした構造で有って、各EDFAの間 には可変減哀器111-6と、分散補償器111-7と、伝送路1 [0194] これら光増幅ユニットの基本構造は図2の 2

> [0180] 図11ではラマン増幅と波長合分波カブラ21 [0181] ピームスブリッタ32,33は光増幅ユニット1

11,112の前段に散け、伝送路1で生じた各光増幅ユニッ トの利得波長帯域の光パワーをパワーモニタ部300で割

[0179] 図中図1、図4図10と同一部材は同一番与で

示し、
各部の
詳語な
説明
に
し
に
に
が
に
な の間にゲインイコライザ123を散けている。

[0195] ゲインイコライザ22及び122は図12のゲイ ンイコライザの特性と同じ、光増幅ユニット111,112の 的海帯域に合わせて、伝送路11にて生じるラマン利得ブ イザ121又は122又は123を有している。

[0196] ゲインイコライザ123は図11のゲインイコ ロファイルの利得歪みを打ち消す特性を有する。

ライザの特性と同じ、伝送路1/にて生じるラマン利得ブ ロファイルの利得盃みを打ち消す特性を有する。

【0182】ピームスブリッタ34,35は光増幅ユニット1 11,112の後段に散け、各光増幅ユニットの利得波長帯域

[0183] 図11ではピームスブリッタ34,35を光増幅 ユニット111,112の後段に散けたが、散ける位置は彼長

の彼長特性を彼長特性モニタ部200で測定する。

【0197】ゲインイコライザ121,122及び123は各増幅 ァイル歪み分を打ち消すのみならず、光増幅ユニット内 ユニットの有する利得帯域に対応したラマン利得ブロフ のEDF利得波長特性の補償も行なう損失(利得)波長特性

[0 1 8 4] 制御回路2は光増幅ユニット111,112の各波

合分波カブラ21,24の間であればどこでも良い。

長帯域に合わせて、モニタしたパワーモニタ300の値と 彼長特性モニタ200の値を用いて、光フィルタからなる ゲインイコライザ123で被長に対して直線的で同じ利得

【0198】ゲインイコライザ121,122及び123は光増幅 の値を有するものでも良い。

【0199】ゲインイコライザ121,122及び123を光増幅 ユニット内のEDFの間に設ければ一段目のEDFAで光が増 ユニット内のEDFの間であれば何処に設けても良い。 幅されているため、低雑音な構成が可能となる。

になる様な特性、又は直線的で所定の傾斜が発生するよ

コライザ1237生じる戻り光をラマン増幅器 (伝送路1)側 に行くことを阻止するための光アイソレタ44を設けるこ

[0185] ゲインイコライザ123の前段にはゲインイ

[0200]最も低維音になる構成は図のように、光増 ライザの利得等化特性を可変制御することで、利得制御 [0201]図14では説明の簡略化のため図11,12,13の 幅ユニットの出力を調整するための光可変減衰器111-6 の後段に散けると最も低雑音になる。図14はゲインイコ ノステムを共通に説明するように、利得等化のためのケ インイコライザ124,124,124、を3つ母いたが、図11の様 攻についてはゲインイコライザ124、図12の構成について はゲインイコライザ124/図13の構成については124…が の範囲を拡大することを可能するための実施例である。

ソレータの構成は必須であるが、戻り光が発生しないフ

ィルタの場合は必要ない。

[0187] 光アイソレータ44はゲインイコライザ123

の波長帯域(光増幅ユニット111,112の利得帯域)を少な くとも通過する特性を有するものとする。図12は図1と 同様に彼長合分波カブラ21,24間に各光増幅ユニットロ

1.12に対応している。

されたファイバグレーティングフィルタの場合は光アイ

[0188] ゲインイコライザ12がチャーブ法で製造

【0203】通常は複数の励起光源により発生するラマ [0202]その他の構成は各図の構成と同じである。

ន

 $\widehat{\Xi}$

3

[0219] 図16の(a-1)乃至(a-3)は各中権器530-1万

が、直線的な利得特性で改長に対して平坦または所定の チルトを有する特性となるように、波長特性モニタ部20 00情報により、制御部2で利得励起光源の出力パワーや [0204] しかし、励起光頌の制御範囲が最大又は最 小の値となった状態は目的とする直線的な特性や平坦化 [0205] 本図の実施例ではこれらの状態の場合にゲ

ン利得の凸凹をゲインイコライザにより利得等化する

[0220] 中雄器330-1内のラマン増幅用励起光源600 至中椎器 530-3のラマン増幅用励起光源 600はそれぞれー は2、1の光を伝送路1-1に入力することで、(a-1)の特性 つ波長の光を伝送路1-1乃至1-3に励起する場合を示す。 を得ることができる。

[0221] 中継器530-2内のラマン増幅用励起光源600 は中継器530-1の励起波長とは異なる入2の光を伝送路1-

性と、伝送路1-2内で生じた利得特性総和により(a-2)の [0222] 伝送路1-2では伝送路1-1内で生じた利得特

[0207] 図10及び図11ではラマン増幅媒体となる伝

[0206] 図15は図10及び図11の変形例である。

調整することができる。

送路1の後段にラマン増幅特性を制御するためのゲイン

インイコライザの124,124,124、この等化特性を変化させ

や所定のチルトの実現ができない。

皮長を調整している。

マン利得が発生する前の伝送路、または、ラマン利得が 発生している間の伝送路1の位置にゲインイコライザ123

を散けることで、ラマン増幅用光頌600により伝送路1で [0208] 送信機501により送信された被長多重され

生じる利得の波長特性を前置補償する。

イコライザ123を散けたが、図15の実施例は伝送路1でラ

[0223] 中継器530-3内のラマン増幅用励起光源600 は中椎器530-1,530-2の励起波長とは異なる入3の光を伝 特性を得ることができる。 送路1-3亿入力する。

[0224] 伝送路1-3では伝送路1-1,1-2内で生じた利 **得特性と、伝送路1−3で生じた利得特性の終和により(a−** 3)の特性を得ることができる。 2

の異なる励起光を伝送路に励起してやることで、受信機 【0225】 この(a-3)の特性からは各中維器より彼長 SOS側に行くにしたがって平均化していることが判る。

た光信号は中椎器内に入力され光増幅ブロック530で(a)

[0209]光増幅ブロック530で増幅された光は光ア

に示す利得波長特性により増幅される。

ンイソレータ4を介してゲインイコライザ123に入力す

至中継器530-3のラマン増幅用励起光源600はそれぞれ複 数の波長の光を中継器Cとに異なる波長となるように伝 【0226】図16の(b-1)乃至(b-3)は各中椎器530-1乃 送路1-1乃至1-3に励起する場合を示している。

[0227] (b-3)の特性をみる(a-3)の特性より特性が 平坦していることが判る。

凹に歪んだラマン増幅利得ブロファイルに増幅された時

増幅用励起光源600の複数の励起光波長により生じる凸

【0210】ゲインイコライザ1230中の光フィルタは 【0211】ゲインイコライザ123の損失特性はラマン

(も)の損失特性を有している。

の特性で光アイソレータ47'を介して伝送路1に出力され

[0212] ゲインイコライザ123を通過した光は(c)

に、 平坦な特性を得る特性である。

分波カブラ21以下の励起光を発生する構成をそれぞれ用 いることができると供に、図10乃至図15のフィルタを用 いてラマン利得特性を調整する例と組み合わせて用いる 【0228】図16の構成は図1,4,6,7,8,9亿示す波長合 ことができる。

台の励起光の伝送路からの戻りや、被長合分波カブラ21 での信号光の漏れ光が励起光頌側へ進むことを防止する ための光索子を設ける例を図17乃至図19を用いて説明す [0229] 第4の実施例としてラマン増幅を行なう場

[0214] 伝送路1に対してラマン増幅用励起光源600

より複数の光波長の励起光を入力することで(e)の様な

[0213] 伝送路1は(め)のような伝送損失特性を有し

[0215] (e)のラマン利得ブロファイルと(d)の伝送

ラマン利得ブロファイルが発生する。

路の損失特性の傾きと量が同じなる場合は(f)のような 【0218】図15のラマン増信用光源600は図1,4,6,7, 8,900波長台分波カブラ21以下の励起光を発生する構成

平坦な利得特性が得ることができる。

下のラマン増幅励起光源の構成において、波長合分波カ ブラ21と波長合分波カブラ24の間に光アイソレータ43か [0231]光アイソレータ43は彼長合分波カブラ24か [0230] 図170構成は図70波長合分波カブラ21以 らなる光学部材を設けた例である。

521への光は透過するが、彼長合分波カブラ21から24へ [0232] この光アイソレータ43により、伝送路11に

【0217】図16の実施例はラマン増幅用励起光源で生

をそれぞれ用いることができる。

ラマン増幅を行なり励起光波長をずらすことで、受信機

備で平坦な特性を得る例である。

て、ラマン増幅とEDFAによる光増幅を行なう中継器で、

じるラマン増幅利得ブロファイルの凸凹の歪みに対し

入力した励起光が散乱等により、励起光源側に戻ること

や、各光テバイスの反射による戻りや、波長合分波カブ

ラ21のクロストークによる信号光が励起光頌側に進むこ

【0233】このように光アイソレータ43を設けること により励起光源に対して個別に光アイソレータを設ける 必要が無く経済的である。

【0235】励起光波長と信号光波長は約100m程度の [0234]図18は図17の構成においてさらに、光アイ ソレータ43の波長特性を考慮した場合の例を示す。

長特性の光アイソレータが無い場合は図18のように、光 インレータを用い、さらに彼長合分波カブラ240特性で 長を阻止する光アイソレー49を設けることで、彼長合分 【0236】このような波長差をカバーする広帯域な波 アイソレータ43を励起波長の光をアイソレートする光ア 信号光の波長(長波長側の光)が戻るポート側に信号光波 彼カブラ21のクロストークによる信号光が励起光遊側に 進むことを防止することができる。

一クによる信号光が励起光源側に進むことを防止する例 [0237]図19は液長合分液カブラ21からの信号光の タとして用いることで、彼長合分波カブラ21のクロスト クロストークを彼長合分波カブラ23により取り出しモニ

[0238] 波長合分波カブラ23は信号光の波長帯域を 反射してモニタボート側に出力する液長特性を有してい

[0240] モニタを行なう場合はスペクトルモニタ70 [0239]モニタボートには通常は終端器701を設け 信号光を終端する。

[0241]図17万至図19のように光素子を用いて励起 光顔への光を阻止することで、励起光のレイリー散乱や 信号光の編れ光や波長合分波カブラのクロストークによ る戻り光を励起光源に入力させないことで、励起光源の [0242]図17乃至図19は図1,4,6,7,8,9,10,11,12,1 3,14,15,16,20,23,24の励起光用光頭に用いることがで 【0243】光通信システムはシステム毎に伝送路品種 (モードフィールド径や挿入損失),信号光の入力パワー [0244]従って、ラマン増幅器を有する光増幅器は 光通信システムに応じて求められる所要の所利得特性が 光通信システム毎に異なる。

[0246]図20は複数のラマン増幅用励起光源を制御 する場合場合の具体例を光頌86の制御より行なう例を示 して、伝送路1で生じるラマン利得ブロファイルを調整

半導体レーザの動作温度を変化させて、発振波長を可変 [0247] 図20は制御部2の出力により光顔86である

[0248] 一般的に、動作温度の変化により中心被長 励起光の中心被長を4.5 m変化させることができ、これ の変化は 0.45 nm/C程度であり、そこで、例えば動作 **温度を10℃変化させて、温度コントロールすることで、** により、ラマン増幅の利得波長特性を調整できる。

[0249]また、半導体レーザの出力側に付加された 外部共振器用のファイバブラッググレイディングフィル タ56に温度制御や応力を加えて、発振波長を可変にする てとも可能である。 9

[0250] ファイバブラッググレイディングフィルタ

56は動作温度の変化による中心被長の変化は 0.01 rm/

[0251]光顔86とファイバブラックグレイティング フィルタ56はそれぞれ個別又は組み合わせて波長制御を 行なうことができる。 C程度である。

ィングフィルタ56C液長制御行なる構成しているが、制 し、全ての波長を含む複数の光弧を及び外部共振器の波 [0252] 図204光瀩86とファイバブラッググレイデ 御を行なう光顔及び外部共振器はどの波長のでも良い

より構成されたラマン増幅器の励起光を発生させる場合 [0253] しかし、図20のように複数波長の励起光に については中心波長が他の励起光波長に比べて長波長側 長を慰御しても良い。

にある励起光源について、発振波長を可変にできる構成 や制御を適用することが望ましい。

ン散乱効果とラマン利得ブロファイルの形状より説明で 【0254】その理由は、伝送路1の損失波長特性,ラマ

【0255】図21K、モードフィールド径や、彼長分散 面が異なる一般的な伝送路ファイバオ種の損失波長特性 [0256] 図21の損失波長特性は最長波長側の損失特 性の差分が大きくなる傾向がある。

なるが、この差分についても中心波長帯より最長波長側 ついても、入力条件や伝送路長により、その発生重は異 [0257]また、伝送路で発生するラマン散乱効果に

[0258] ラマン増幅の利得プロファイルの形状は利 得ピークから短波長側に比べて長波長側は傾斜が急な傾 **数長によるラマン増幅となり、複数徴長による利得波長** 向があるため、最も長波長側のラマン利得ブロファイル は他の励起光により生じる利得の重なりが少なく、単一 特性の調整自由度が少なくなる可能性がある。 が大きくなる傾向がある。

【0259】以上より、長波長側の励起光波長を制御す ることで最も効果的に利得条件を生葬することができ、 異なるシステム条件に対応できる光増幅器を構成でき

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/

Z

2

2または光パワーメータ703を接続して信号光の状態を測

定することができる。

動作を安定させ劣化を防止する。

及び伝送路長等がそれぞれ異なる。

[0245] そこで、通信システム毎にラマン増幅行な うための励起波長やその波長間隔を散定する必要があ

(ラマン増幅および光増幅器の利得値や利得波長特性,分 長や励起光パワー)を調整して制御する。 ន **一定制御を行なう場合ラマン増幅により入力光を所定の** レベルKー定Kすることで、実質的KSND良い状態でダ 【0270】また、光増幅ユニット111,112,113が利得 [0271] 光増信器ユニット111,112,113圴のEDFA

特開2002-76482

Ê

利得一定制御や出力一定制御、もしくは両方の制御 【0272】光増幅器の発生する雑音特性を考慮して光 **運信システムの伝送特性を向上することができる。**

> 光の波長調整を併用することで、さらにシステム条件の 変化に対して柔軟に対応できるラマン増幅器を実現する

[0260] 各励起光頌の励起光パワー の調整と励起

【0261】さらに、図22は長波長側の励起光頌ユニッ

ト内の励起光パー の調整をユニット内の長彼長側の励

出光顔を用いて行なう例を示す。

(3) 制御都2は伝送路17生じるラマン増幅の利得を観 整し、EDFAを用いた光増幅ユニットへの入力光が常に一 定になるように様に制御する。 [0273] 図23は光増幅ユニット入力光一定制御を行 なった時の構成の1例である。

[0274]図23では図2,13と同一部材は同一番号で示 し、その説明を省略する。

9

せることで、発版波長の重心波長を可変をさらに容易に

皮長に分割して構成して、飲各励起光パテの比を変化さ

【0262】他の励起光頌波長間隔より狭い複数の励起

振器用のファイパブラッググレイティングを備えて、発

Fiv、その結果をEDFAからなる光増幅ユニットで光増幅

[0264] 次に励起光により伝送路1でラマン増幅を

版波長を固定にして行うと制御性が向上する。

を行なる場合のシャン増幅の利仰制御について説明をす

【0263】この場合、半導体レーザの出力側に外部共

[0275] EDFは利仰の大きさにより波長特性が異な るため、利得一定制御を行っている。 [0278] 通常は、利得一定制御を行なうEDFAは入力 め、図2,13のように、光可変減取器111-6により光増幅 ユニット111,112,113の出力が出力一定制御になるよう が変化した場合にEDFA出力も変化する事を防止するた 超御を行なっている。

りEDFAへの入力する一定にすることで、EDFAの利得一定 夕部200のモニタ結果により、伝送路1のラマン増幅によ 制御のみで、EDFAの出力を一定にできるため、光可変減 [0277] 図23Cは光パワーモニタ部300と波長モニ **哀器を不要にできる。** 2

はEDFAの人力側に備える構成では主信号系の一部を分岐

ニタして、制御回路2により複数波長の各励起光パワー

の調整を行なうことにより、以下の制御が可能である。

【0265】図1,4,11,12,13,14,16の様にラマン増幅器 して出力光をパワーモニタ300と波長特性モニタ2000を (0278)図24はEDFAに入力を一定にした場合の別な 構成例である。

[0279] 図241図23の光増幅ユニットの前段に光増 幅ユニット内に設けている分散補償器を設けた場合を示

> **るには、励起光発生手段の励起波長について短波長順の** [0267] 短波長側の励起光源について、励起光쟁の 数を増やしたり、長波長剛より高い光出力が可能な光源

励起光パワーをより多く提供できる様にする。

【0288】伝送路17生じるラマン散乱効果を補償す

制御部2は伝送路1で生じたラマン散乱効果による

信号光の波長特性を平坦化するように制御する。

[0280] ラマン増幅を行なうに送路1は分散補債器1 【0281】ラマン増幅器は主信号系の一部を分岐して 出力光をモニタして、分散補償ファイバの入力光のトー 11-70前段に配置し、光増幅器コニット111または112ま たは113の前段に分散補償器を111-7を配置する。

[0282] これは、分散補償ファイバの入力光vv vが 所定以上になると、非線形の影響により信号光の伝送特 タルパワーが所定値になるように制御する。

[0283] 一般的に、分散補償ファイバの入力は、04 Bm/ch以上になると非線形の影響が出る。 性が劣化してしまうためである。

[0284]また、分散補償ファイバの入力光パ・が低 [0285] そこで、分散補償ファイバの非線形効果に 過ぎると、信号光が雑音光に埋もれてしまい、S/Nが悪 くなり伝送特性が劣化する。

入力ダイナミックレンジを超える大きな光パワーが入力

すると光増福の雑音特性が劣化する。

生じさせることが光通信システムの伝送特性を良好に保

0 野素になる。

入力ダイナミックレンジを超えない範囲でラマン増幅を

[0269]従って、光増幅器ユニット111,112,113の

入力する光がEDFAの入力ダイナミックレンジの上限値以 【0268】EDF何する光増信器ユニット111,112,113は

下で一定の値になるように制御する。

制御部1は光増幅器ユニット111,112,113のEDFAK

光増幅ユニットへ波長平坦性の優れた入力光を提供でき

を適用する構成にし、パワーモニタ300と波長特性モニ タ2000結果をもとに、ラマン増幅および光増幅器の利 **厚値や利得波長特性に対応して、制御を行なうことで、**

[0288]それと同時に、信号光の波長特性が平坦化 する様にも各励起波長の励起光パ アの発生状態(重心波 影響がない上限値の入力パワーになる様に制御する。

制御することで、システム毎に応じて変化する所要特性 [0287] Cのように、非線形効果やS/Nを考慮して

イナミックレンジを拡大したことになる。

ナミックレンジの拡大や調整、及びEDFAの持つ利得特性 女補償値)に対応して、単一品種のラマン増幅器および **光増幅器で所要特性を保持できるとともに、EDFAのダイ** を補償することができる。

頭への戻り光を防止、光増幅を行なえる波長帯域が決ま 効果】本発明のように複数の励起光源をEDFAの増幅帯 政に対応して設け、各励起光頌の出力値を制御すること で、EDFAを広帯域化、複数の励起光によるラマン増 幅の利得波長特性の補償、ラマン増幅媒体より光励起光 っている光増幅器の増散の容易化、光増幅を行なえる波 **及帯域が決まっている光増幅器のダイナミックレンジの** 国塾、伝送条件が異なるシステム(伝送路長、伝送路損 失、入力パワー、信号数等)に対応して利仰プロファイ

2

しを制御することができる。

図1]は光増幅器を示す図 図面の簡単な説明】

|図3||はラマン利得ブロファイルを示す図 |図2||は光増幅ユニットの構成を示す図

|図4||は並列構成型光増幅器とラマン増幅器を示す図 図5】は図4のラマン利得ブロファイルを示す図

図6】はラマン増幅用励起光源を示す図 図7】はラマン増幅用励起光弧を示す図 【図8】はラマン増幅用励起光頭を示す図

図10]はラマン増幅利得の利得等構成を示す図 【図9】はラマン増幅用励起光源を示す図

【図11】はラマン増幅利得の利得等構成を示す図 【図12】はラマン増幅利得の利得等構成を示す図

[図13]はラマン増幅料得の利得等構成を示す図 [図14]はラマン増幅利得の利得等構成を示す図

【図15】はラマン増幅利得の利得等構成を示す図 【図16】はラマン増幅利得の利得等構成を示す図

【図18】は戻り光防止構造を示す図 【図17】は戻り光防止構造を示す図

【図19】は戻り光防止構造を示す図

図20]は励起光の波長制御構成を示す図 図22】は励起光の液長制御構成を示す図 [図21]は伝送路の特性を示す図

図23] はラマン利得ブロファイル (図24)は光増幅器を示す図

存期2002-76482 £

11,12,13,14,15,16,17,18,19,14p18,1Cは光コネクタ は伝送路 2は制御部

(作与の説明)

21,22,23,24,25,26,27,28,29,2A,28は彼長合分彼カブラ 51,52,53,54,55,56はファイバグレーディングフィルタ 32,33,34,35はピームスブリッタ 61,62,63は個光合成カブラ 41,42,43は光アイソレータ

81,82,83,84,85,8641光源91,92,93,94,95は安光索子 81,82,83,84,85,86は励起レーザ 601,602,603は励起光微ユニット 101,102はバンドバスフィルタ 121,122はゲインイコライザ 400年光教子ブロック 71,72,734光减较器

111,112は光増幅ユニット 2001政長特性モニタ部 300はパワーモニタ部 900はモニタブロック SOL送信機 2

502受信器 530中推器

531中椎器内の光増幅ブロック(EDFA)

600は増福用励起光源 701終婚職 702X^' T!

703N 7-E-9

111-8, 111-9, 111-10, 111-11, 111-12, 111-23/\$E~ 111-1, 111-2はエルビウムドーブファイバ ムスプリッタ、 8

111-13,111-14は波長多重カブラ 111-3,111-4は自動利得制御回路 111-5は自動出力制御回路 111-2444制御回路

111-15,111-17,111-18,111-20,111-21,111-23は受光索 111-647可变减衰器 111-7は分散補償器

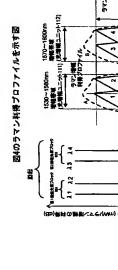
111-16,111-19は励起光源 15,16,17,18は光コネクタ 슝

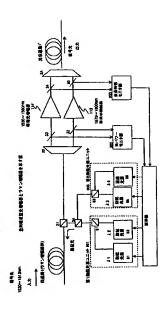
[⊠3]



[图2]

[8]





[図4]

#100 nm

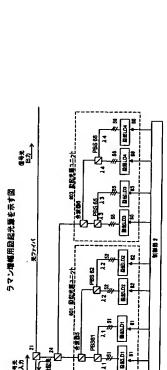
特開2002-76482 (15)

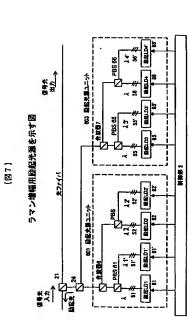
[図1]

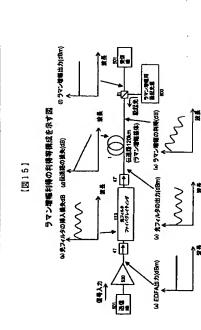


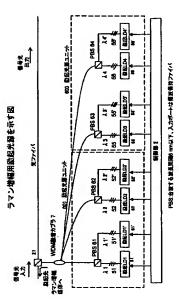
3

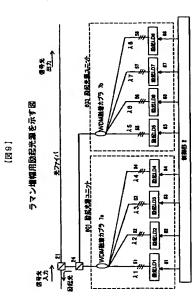
[88]











(ET)

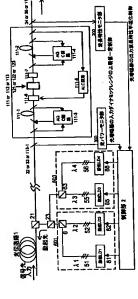
リマン製信料等の紅部等機成を示す図

ラマン価値出力(dBm) (光フィルタの入力) の) 5

[図10]

(図13)

ラマン基価性等の対称等権債を示す図



ウマン協権対策の対策等権成を示す図 (図11)

\$

特期2002-76482

3

ウマン基価利辱の利得等機成を示す図

先伝送路1(9マン準備条件)

[図14]

(33)

[図17]

展り光防止構造を示す図

[図18]

展り光防止構造を示す図

4 登扱帯基用アインフータ

3

<u>2</u>

#4745 Ē

単版

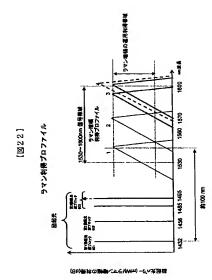
ラマン協信利得の利待補債構成を示す囚

8

(<u>•</u>

単セフムギ

(図16)



[図20]

特期2002-76482

(25)

[國23]

28m 光増幅器を示す図 2 B = 2

[図24]

光増幅器を示す図

Semental A

FI H04B 9/00 レロントスージの結束 H04J 14/00 (S1)Int.Cl.'

ナワンド (参考)

10/16 H04B 10/17

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 (72) 発明者 林 悦子

(72)発明者 木下 造 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 富士道株式会社内

1号 富士通株式会社内 哲谷 靖 (72)発明者

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番 1号 高士通株式会社内

特開2002-76482

ドターム(参考) 2K002 AA02 AB30 BA01 DA10 EA07 EA08 EB15 HA24

55072 AB09 AK06 HH02 JJ20 KGLS
KG30 PP07 QQD7 YYJ7
SK002 AA06 BA02 BA04 BA05 BAJ3
BAZ1 CA01 CAL0 CAL3 DA02
FA01

(92)

多機能印刷 FinePrint 2000 試用版 http://www.nsd.co.jp/share/

THIS PAGE BLANK (USPTO)